

暗通道去雾技术和聚类算法的优化研究

张鑫¹, 陈虎越², 翟超¹, 张俊鹏³, 徐斌⁴

(1. 大连海事大学 信息科学技术学院, 大连 116026; 2. 大连海事大学 轮机工程学院, 大连 116026;
3. 大连海事大学 船舶电气工程学院, 大连 116026; 4. 大连海事大学 航运经济与管理学院, 大连 116026)

摘要: 在交通运输行业中, 每当天气中含有大量雾尘的时候, 大气会发生散射, 会对驾驶人员的视觉造成一定的干扰, 对交通安全有着极大隐患; 为避免交通事故的发生, 我们在原有算法的基础之上, 结合机器学习中的 K-means 聚类算法进行了优化研究, 对含有雾的图像进行了去雾处理, 使得图像的能见度增加; 根据现实研究当中问题的实际情况, 我们建立了暗原色模型, 并利用暗原色算法拟合透射率, 用 K-means 算法进行聚类分析进行处理强化图像的特征, 结合估计出来的大气光强, 利用去雾算法得到最终的无雾图像; 最后我们通过 Matlab 进行分析演示, 并且与其他算法的去雾处理图像进行对比与分析, 图片更加清晰, 可以很好的应用在航海交通, 公路运输, 气象遥感等方面的去雾领域, 具有一定的应用价值。

关键词: 暗通道去雾; K-means 聚类分析; 暗原色先验; 大气光强估计

Research on Optimization of Defogging and Clustering Algorithm Based on Dark Channel

Zhang Xin¹, Chen Huyue², Zhai Chao¹, Zhang Junpeng³, Xu Bin⁴

(1. College of Information Science and Technology, Dalian Marine University, Dalian 116026, China; 2. College of Marine Engineering, Dalian 116026, China; 3. School of Marine Electrical Engineering, Dalian 116026, China;
4. College of Shipping Economics and Management, Dalian 116026, China)

Abstract: In the transportation industry, whenever the weather contains a lot of fog, the atmosphere will scatter, which will cause certain interference to the driver's vision, which has great hidden dangers to traffic safety. In order to avoid the occurrence of traffic accidents, we carried out optimization research based on the original algorithm and K-means clustering algorithm in machine learning, and defogged the image containing fog to increase the visibility of the image. According to the actual situation of the problem in the real research, we established the dark primary color model, and used the dark primary color algorithm to fit the transmittance. The K-means algorithm was used for cluster analysis to process the characteristics of the enhanced image, combined with the estimated atmospheric light intensity. The final fog-free image is obtained using a defogging algorithm. Finally, we analyze and demonstrate through Matlab, and compare and analyze with the defogged images of other algorithms. The pictures are clearer and can be applied to the defogging field in navigation, road transportation, meteorological remote sensing, etc. Value.

Keywords: dark channel dehazing; K-means cluster analysis; dark primary color prior; atmospheric intensity estimate

0 引言

在雾天中, 因为悬浮在空气中的大部分粒子对光线有散射等作用, 使太阳光透过雾的强度值变低, 观察的景色能见度过低, 对比度降低, 细节信息缺失, 视觉效果较差。对于交通、导航、遥感等有很大的影响, 人们的生产和生活带来了极大的。因此, 计算机视觉系统在实践中发挥着重要作用, 雾天图像的去雾是计算机视觉领域中的一个很有意义的问题, 具有广阔的应用前景和价值。

随着人工智能技术的发展, 去雾算法的研究的取得了不错的发展。He 等提出了暗原色先验等方法, 目前图像去雾算法大抵可以分为两类: 一则基于图像增强的图像去雾

方法, 二则是基于物理模型的图像去雾方法^[1-2]。同态滤波、直方图均衡化、Retinex 加强、小波变换算法等都是基于非物理模型的去雾算法。直方图均衡化算法缺乏对局部场景信息的思量, 对比度过低或过高, 视觉效果不理想^[6]。同态滤波算法应用了对数变换和傅氏变换, 对图像削弱低频加强高频。小波变换对亮度超亮和超暗的情形不适用。基于物理模型的图像去雾算法主要涵盖了基于偏微分方程的修复方法、采取景深关系的图像去雾方法等。这种方法利用了景深信息, 意图最大程度的将图像恢复到原来的状态。但是他在大气模型的基础之上增加了一些假设条件, 具有一定得局限性。基于暗通道去雾算法是目前国内最先进的去雾方法效果明显, 发展迅速。

本论文创新点是使用暗原色先验去雾算法拟合和 K 均值聚类算法对原来的去雾算法采取了优化, 在暗原色先验去雾算法的条件下获得暗原色图, 并且对应估算出透射率; 再利用线性数学拟合获得最后的透射率。但是大气光强度值的计算是应用 K 均值聚类算法把有雾图像进行聚类处理, 并且在

收稿日期: 2018-12-19; 修回日期: 2019-01-24。

作者简介: 张鑫(1998-), 男, 辽宁抚顺人, 在读学生, CCF 会员, 主要从事人工智能、数据科学与知识工程方向的研究。

通讯作者: 徐斌(1972-), 男, 副教授, 辽宁大连人, 硕士生导师, 主要从事计算机科学与技术, 管理科学与工程方向的研究。

得到的天空面积和雾最多的面积中获取原来有雾图的最大像素的值为大气光强值,用去雾算法恢复出无雾图像。

1 暗通道图像去雾

1.1 大气散射模型

在雾天时,由于空气中含有部分杂质,一些悬浮粒子存在散射和吸收作用,使得光学成像对比度降低,颜色偏灰白色,视觉效果也不是很好。即使在大多数不是雾天部分区域的天空中,总存在有像素至少有一个颜色通道具备很低的值。也就是说,此区域的光强度值得最小值是一个很小的数值。清华大学何恺明曾经发表过一篇很著名的论文《Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior》,暗原色先验去雾算法是由他首先提出的。

在雾天中,由于一些杂质混杂在大气中,使得大气发生了散射作用。不少人对大气的散射进行了一定的研究,其中 McCarney 等人的研究成果较为显著,他提出了一种模型被广泛应用,具体如下:

$$C(x) = t(x)J(x) + (1 - t(x))A \quad (1)$$

C 为所得到的输入图像的光强; T 为光线透射率; A 为大气光成分; J 为无雾时景物的光强。

图像去雾通过 C 求未知参数 J , A , t 。当前方程的个数少于未知量的个数,从某种角度来说,暗原色先验相当于其中我们加入的一个约束条件。

1.2 暗原色先验

Dr. He 是微软亚洲研究院研究计算机视觉方面的领军人物, He 等对于暗原色先验的理论做了许多的观察实验,并得出结论:是通过大量实验来总结得到的一条规律:在大部分阳光照射丰富,户外不含有雾的图像中,在一些局部区域存在某个颜色通道 (R 、 G 、 B) 的强度值很低的情况。对户外无雾的雾图像 J 进行分块,对每一个像素块定义暗原色如下^[3]:

$$J^{dark}(x) = \min_{c \in \{r, g, b\}} (\min_{y \in \Omega(x)} (J_c(y))) \quad (2)$$

式中, $\Omega(x)$ 是以 x 为中心的,以正方形邻域的窗口, J_c 为 J 三原色的一个通道, $J^{dark}(x)$ 即为图像 J 在这个邻域的暗原色。观察统计表明 J^{dark} 趋于零。即:

$$L^{dark}(x) \rightarrow 0 \quad (3)$$

在带雾图像中这些暗原色值升高。

1.3 K-means 聚类算法

前面已经说过,数年前何凯明博士已提出了暗原色先验去雾算法,经由这个算法能够很好的恢复图像,从有雾图像中还原出无雾图像。可是,何凯明博士的算法仍有一些可优化之处。2013年,虽然何凯明博士又提出了引导滤波的算法,此时能够解决第一个问题,使计算复杂度降低,但透射率的估计效率仍然很低。并且,当图像中存在亮度很高的面积时,此时会造成大气光强 A 的估计值失真以及图像失真问题,去雾效果受到影响。

为了能够很好的解决这问题,我们利用当下比较热门的人工智能技术—机器学习之 K-means 算法来解决这个问题。本文将采取由 MacQueen 所提出的 K 均值算法与暗原

色先验去雾算法结合进行优化,力求得到更好的去雾效果。它的主要思路是:

1) 首先把各个聚类子集中的全部数据个体的平均值作为此聚类的中心店;

2) 再通过一次又一次的迭代计算把数据集归为不一样的类别;

3) 使得判断聚类能力的评价方法达到最佳效果,聚类后相同的类聚集效果明显,独立的类间有较好的区分效果。

这种算法主要用来处理连续数据时,离散的数据是不适用的。K 均值算法的算法流程如下: K 均值算法是一个重复的迭代计算,其最终要求是使聚类样本中所有的数据到聚类中心路程的平方和 $J(C)$ 最小,它有 4 个步骤,流程图如图 1 所示。

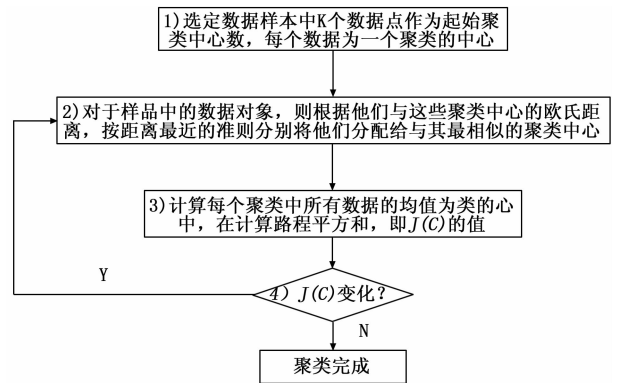


图 1 K 均值聚类算法流程图

2 模型算法求解

2.1 结合 K-means 去雾概述

若仅仅使用暗原色去雾算法,存在两个问题:

1) 暗原色先验去雾算法在恢复有雾图像时运算复杂度高;

2) 当天空中有高亮度值面积有局限性而造成有雾图像容易产生图像失真;

本论文从暗原色模型开始,在暗原色先验去雾算法的条件下获得暗原色图,并使用暗原色先验算法拟合来估计透射率,再使用 K 均值聚类算法给有雾图像进行区域划分以后,再对天空区域估算出大气的光强度值。K 均值算法加强了图像的细节特征,而且很好地减小了算法的复杂计算度,还加强了大气光强度测算值的正确性,很好减小了亮度值高区域的失真。针对大气光强的计算是先通过 K-means 聚类算法把图像进行处理,继而把获得到的有雾图像最大像素值作为大气光强值,最后用暗原色先验算法得到无雾图像。

这个算法至关重要的部分便是对大气光强 A 的估算。何凯明博士采用有无图像的暗原色通道的 0.1% 的亮度像素点,将此点的原图的最大像素值定义为大气光强度值,当有雾图像中的白色景物的面积较小时,可以获得比较精确的估算^[4]。然而,当图像中存在大面积的高亮度值时,这是会造成大气光强度值估算不精确,并且会使图像颜色失

真, 这会大大降低去雾质量。

2.2 暗原色去雾

我们设 $t(x)$ 代表局部透射率, 并假定每一个像素块的光线透射率是相同的, 通过其像素块的大小来影响透射率。假定大气光强 A 是已知量, 则有:

$$\min(\min_{y \in D(x)} (\frac{I_c(y)}{A_c})) = t(x) \min(\min_{y \in D(x)} (\frac{J_c(y)}{A_c})) + (1 - t(x)) \quad (4)$$

根据 1.2 节当中我们已经阐述了暗原色先验原理可知,

$$t(x) = 1 - \min(\min_{y \in D(x)} (\frac{I_c(y)}{A_c})) \quad (5)$$

由于世间的大部分物质都不可能 100% 纯净没有杂质的, 即使在光强很高的晴天中, 也含有微粒冗杂在大气中, 所以为了真实性, 我们设置了一个 w 参数用来模拟表示, w 的值一般介于 0~1 之间, 公式如下:

$$t(x) = 1 - w \min(\min_{y \in D(x)} (\frac{I_c(y)}{A_c})) \quad (6)$$

2.3 大气光强估计

在一般的单一图像去雾中, 通常整幅图最大强度的像素作为大气光的估测。在本文中, 我们采取四分层次搜索算法来对大气光强进行估计。首先我们选丢那个所输入的图像, 然后把它 4 均分, 可以得到 4 个矩形区域, 我们分别计算出每一个区域的像素值 pi_k 及其均差 \bar{X}_k 。(其中 $k = 0, 1, 2, \dots$) 在本次划分的区域中, 我们选取 \bar{X}_k 最大的那个矩形区域进行重复上述操作的划分, 直到所得到的 \bar{X}_k 的值满足实现指定的值的大小才结束。在我们已知大气光强并通过透射率计算公式:

$$J(x) = \frac{1}{t}(I(x) - A) + A \quad (7)$$

计算出透射率之后, 最后可得到 J 的求解公式为:

$$J(x) = \frac{I(x) - A}{\max(t(x), t_0)} + A \quad (8)$$

3 实验结果分析

3.1 暗原色去雾

暗通道先验去雾算法是何凯明博士经过大量统计实验数据研究验证发现的。基本去雾流程如图 2 所示。

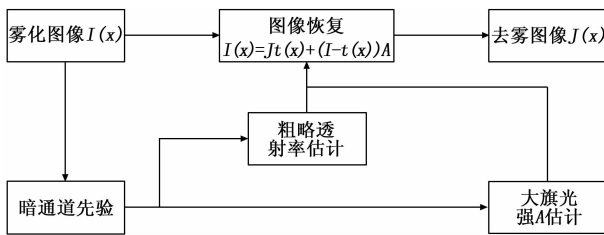


图 2 原理图

基于彩色图像三原色的暗通道特性, 何惜明假设在晴天条件下, 无雾的户外图像除了大面积蓝色水域, 还有明亮的天空区域, 剩余场景的局部区域至少在的一个原色通道上存在一些亮度值很低的像素点, 将这些亮度值接近于的像素点看作黑暗的点, 那么这个通道即称作暗原色通

道^[9]。对图像每一像元, 暗通道表达为:

$$J^{dark}(x) = \min_{y \in D(x)} (\min_{c \in \{r, g, b\}} J^c(y)) \quad (9)$$

其中: 表示的三原色中的任意一个颜色通道 ($R、G、B$), 表示以点为中心暗通道的形成有以下几个原因:

1) 天气晴朗时, 在颜色鲜亮的景物的表面, 其亮度值至少在一个基原色通道的强度较小, 通常显性色彩的三基色组合成分最多的波段, 其通道值比较大, 其它谱段值比较小, 几乎为 0;

2) 场景中物体由于光线入射量少或本身不够鲜亮, 如郁葱的林间, 黑色的物体表面, 灰暗色的树干和石头等;

3) 景物被其它物体遮挡住光线或自身形成的投影区, 形成的阴影区域亮度值也都很低, 如汽车、建筑物、树叶以及其它各种自然景观在光照下的阴影和投影等。在含雾天气条件下, 含雾影像的暗通道的像素亮度值远大于无大气粒子散射干扰情况时的亮度, 因而根据暗通道这一性质, 可以估算出含雾影像中雾气的浓度和实际景物的深度。图为雾天时拍摄的户外图片及其暗通道。



图 3 晴天无雾及其暗通道图

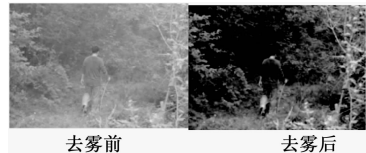


图 4 雾化图像及其暗通道图

由图 3 和图 4 的暗通道图可知, 无论在何种天气条件下, 至少在一个颜色通道上, 总存在一些亮度值接近于的像素点, 使得每一个局部区域颜色很暗。

3.2 图像去雾处理系统的测试

1) 可执行程序, 放入含有雾霾的图片进行图像去雾功能测试。

2) 我们分别从几个方面来搜集图片, 卫星、生活等各个领域, 验证的效果图象如下。算法改进的效果十分明显。在 Matlab 上运行之后, 我们继续把 Matlab 与 VS2012 相结合生成 DLL 文件, 方便以后在网络网页中应用。

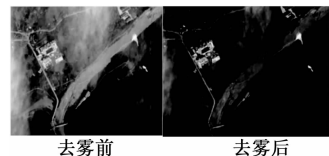
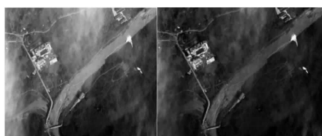


图 5 实验结果 1

3.3 不同算法情况对比图

通过图 7 的对比可以看出, 本文的算法在实验后效果有了明显的改进与提升, 清晰度更高, retinex 算法去雾之后从效果图上看还是残留雾的影响, 暗通道去雾算法图像的色泽



去雾前 去雾后
图 6 实验结果 2

变暗, 对于一些色泽暗淡的图像效果并不是很好, 而本文的算法运用 K 均值聚类算法先进行处理, 效果较为明显。



原图 retinex图像增强 暗通道去雾 本文算法
原图 retinex图像增强 暗通道去雾 本文算法
图 7 对比情况图

4 结束语

本文提出了暗通道图像去雾与机器学习中的 K-means 聚类分析算法相结合的去雾算法, 用暗原色先验算法拟合估计透射率, 进而用 K-means 聚类分析算法进行分类, 估算出大气光强, 更好的还原了图像颜色与能见度, 对于图像的去雾产生了良好的实验效果, 得到的结论如下: 经过大量的实验观察: 在无雾图像中, 每个局部区域都极有可能会产生阴影, 无论是纯色目标还是黑色目标。利用本文提到的算法对透射率优化时, 会使时间复杂度变小, 算法的运算效率更高。当非天空区域有大量的白色物体时, 此时, 天空区域便与这些白色物体难以区分, 会造成大气光强

(上接第 110 页)

的结构不合理, 圈复杂度过高, 应考虑重构部分代码区域以简化代码结构, 增强可测试性。

6 结论

本文以民用机载软件为测试对象, 从静态测试的概念和方法出发, 阐述 LDRA Testbed 在航空软件领域的测试优势, 深入探究其进行静态测试的原理和过程, 并生成代码审查和质量审查等报告。使用 LDRA Testbed 可完成主要静态分析、复杂度分析、静态数据流、交叉索引、信息流和数据对象分析六大部分的静态分析, 减少代码违反编码标准的数量, 使软件人员易于重构代码以降低复杂度, 增强软件的可靠性和健壮性, 从而在静态测试层面上提高民用机载软件质量。

参考文献:

[1] 贺英杰. Testbed 在装备软件测试中的静态分析应用 [J]. 电子世界, 2018, (15): 103.

度改变, 使图像失真。在本文经过聚类分析算法处理后可以避免这种情况的发生, 得到更好的去雾效果^[5-9]。

参考文献:

[1] Liu Y Y. Improved dark primary color prior single image dehazing algorithm [D]. Fujian: Minnan Normal University, 2016.

[2] Guo W. Image Dehazing Method and Evaluation and Its Application Research [D]. Hunan: Central South University, 2011.

[3] Xing S, Yan H, Lei Y J. A fast dark channel dehazing algorithm [J]. Journal of computer measurement and control, 2015, 23 (12): 41 - 44.

[4] Liu Heng, Huang Dongdong, Hou Shudong, et al. Large size single image fast defogging and the real time video defogging FPGA architecture [J]. Neurocomputing, 2017, 26 (9): 97 - 107.

[5] Dong X, Wang G, Pang Y, et al. Fast efficient algorithm for enhancement of low lighting video [A]. Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Multimedia and Exposition [C]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2011; Article No. 6012107.

[6] Pedone M, Heikkila J. Robust airlight estimation for haze removal from a single image [A]. Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition [C]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2011; Article No. 5981822.

[7] BI J. Research and Implementation of Single Image Dehazing Algorithm Based on FPGA [D]. Xi'an: Xidian University of Electronic Technology, 2012.

[8] He K M, Sun J, Tang X O. Guided image filtering [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2013, 35 (6): 1397 - 1409.

[9] Dong L N. Research on image dehazing algorithm based on dark primary color [D]. Shandong: Shandong Normal University, 2015.

[2] 李亚晖, 张亚棣, 郭鹏. 机载嵌入式软件的安全性机制研究 [J]. 通信学报, 2015, 36 (Z1): 16 - 21.

[3] 王 玮. 基于 LDRA Testbed 的软件完整性静态测试方法研究 [J]. 电脑与电信, 2014, (4): 49 - 51.

[4] 刘 昆. LDRA Testbed 在航空软件单元测试中的应用 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.

[5] 尹 晋. 基于 Testbed 和 Polyspace 的装备软件静态测试研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2012.

[6] 胡丹瑞. 基于 LDRA Testbed 的软件静态测试研究与实现 [J]. 计算机安全, 2012, (6): 69 - 71.

[7] 朱少民. 软件测试方法和技术 (第 2 版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.

[8] 赵 斌. 软件测试技术经典教程 (第二版) [M]. 北京: 科学出版社, 2011.

[9] RTCA, Inc. Software Considerations In Airborne Systems and Equipment Certifications/DO-178B [S]. Washington, 1992.

[10] LDRA Testbed 技术说明 [Z]. 上海创景计算机系统有限公司.